

Modelo de Integración de Servicios de Valor Agregado para los sistemas de Navegación basado en SOA y en redes de sensores inteligentes

Luis Felipe Herrera-Quintero, Francisco Maciá-Pérez, Héctor Ramos-Morillo

Departamento de Tecnología Informática y Computación
Universidad de Alicante
{lfherrera,pmacia,hramos}@dtic.ua.es
<http://www.dtic.ua.es>

Resumen. Todos los sistemas de navegación tienen funcionalidades particulares, el objetivo principal es proporcionar el servicio de localización y, a través de sistemas de información geo-referenciados, suministra información estática a los usuarios sobre puntos de interés (POI). Paralelamente, los sistemas de navegación también son capaces de ofrecer servicios adicionales como el estado real de tráfico o información climática, pero estos son muy dependientes de la tecnología. Este artículo propone un modelo de integración para estos servicios de valor agregado que los hagan accesibles a los sistemas de navegación con independencia de la tecnología en la que se sustenten. El modelo se fundamenta en identificar, catalogar y desacoplar mediante arquitecturas orientadas a servicios (SOA) los diferentes elementos tecnológicos implicados en todo el proceso y propone las redes de sensores inteligentes como una de las tecnologías mas adecuadas para la adquisición de información en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte (ITS).

1 Introducción

Uno de los campos más importantes en la sociedad es el sistema de transporte y los gobiernos utilizan gran parte su inversión para mejorarlo debido a que contribuye de manera general a generar riqueza a la sociedad. Este sector es apoyado paralelamente por las tecnologías de la información TI que cada vez más mejoran y fortalecen sus infraestructuras. Con el crecimiento de las TI es común escuchar el término “Sistemas Inteligentes de Transporte” que esta construido sobre diversos conceptos tales como la gestión de la información y su comunicación. Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son un fenómeno global que atrae por todo el mundo muchos intereses de profesionales del transporte, la industria automovilística y de los sectores encargados de tomar decisiones políticas y económicas [1]. Los ITS aplican tecnologías avanzadas para ayudar a las naciones a encontrar soluciones a diversos problemas relacionados con el transporte tales como congestión del tráfico, polución aérea, mantenimiento de caminos, entre otros. Igualmente, estos sistemas buscan proteger el ambiente y la sostenibilidad, así como el mas importante de sus objetivos que es el de salvaguardar la vida humana.

Los ITS tienen un impacto decisivo sobre la sociedad y éste puede ser visto en varias áreas que van desde el ahorro energético hasta la disminución de la tasa de accidentalidad. Pero este no es el único hecho que puede ser observado, actualmente mas de 40000 personas mueren cada año en las vías europeas lo que genera costos económicos de mas de 200 billones de euros [2, 3]. En esta misma línea, las dimensiones de los ITS son enormes y representan un alto consumo energético para los diferentes países y en el caso de la Unión Europea (UE) representa el 30% a pesar del hecho de que el transporte aéreo se ha incrementado drásticamente pero las carreteras siguen siendo el mayor de los consumidores de recursos [4].

Sobre esta base, los gobiernos, operadores de infraestructuras, y las autoridades públicas proponen varias soluciones para aliviar y mejorar todos estos sistemas. Por esta razón el reto mas grande de la próxima generación de ITS va encaminado hacia el diseño de sistemas que proporcionen soluciones de servicios de valor agregado en tiempo real para los diversos sectores del transporte tales como vial, aéreo, férreo, marítimo, e inclusive espacial, los cuales serian conectados en una solución E2E (End to End) donde estos podrían intercambiar servicios.

En la evolución de los ITS, los sistemas de navegación se han convertido rápidamente en un equipamiento estándar, debido a que suministran información geo-referenciada facilitada por los sistemas de información geográfica (GIS). Esta información es estática dado que los sistemas de navegación no la están constantemente actualizando en tiempo real. Además, la información que ofrece el sistema de navegación divulga nuestra posición sobre un mapa gracias a los GIS, y ofrece información sobre diversos puntos de interés (POI) a los usuarios tales como estaciones de gasolina, hoteles, parkings, restaurantes entre otros.

Por otro lado, es importante notar que los actuales ITS están dentro de una isla tecnológica, donde la mayoría de los sistemas que los conforman son sistemas que trabajan de manera ad-hoc, dado que su realidad es vivir inmersos entre diversos sistemas que son muy heterogéneos y que se encuentran demasiado acoplados entre si. Por esta razón es extremadamente difícil proporcionar información clara a alguien que quisiera saber algo específico dentro de la infraestructura ITS. Para esbozar esto comencemos mencionando dos sistemas que tiene funciones específicas pero no están relacionados. El primero de ellos, es el sistema de posicionamiento global (GPS) el cual ofrece el servicio de localización de un punto específico sobre la Tierra y el segundo es un sistema de parking, cada uno de estos sistemas opera de manera separada y tiene unas características muy particulares que fueron concebidas de una forma ad-hoc. Si quisiéramos integrar ambos sistemas, tendrían que realizarse un número de cambios que llevarían en gran parte a rediseñar todo el sistema porque actualmente los sistemas de navegación sólo reciben datos concernientes a la posición. Sin embargo muchos de los sistemas de navegación han estado cambiando y ahora poseen nuevas funcionalidades, y una de las mas importantes es el soporte del protocolo TCP/IP, que confieren al sistema de navegación un dinamismo notorio frente a los sistemas actuales, dado que podría ofrecer diversos servicios y mas aun en el contexto de los ITS.

En la actualidad es muy complejo, caro y poco viable diseñar e implantar nuevos servicios para los sistemas de navegación dada su limitación en cuanto al ofrecimiento de servicios. Esto se debe principalmente a que los elementos que integran estos sistemas están altamente acoplados, de tal forma que se presentan

diversidad de tecnologías que ocasionan la formación de soluciones ad-hoc lo cual conlleva a la incompatibilidad de sistemas cuando se desee una interacción entre estos. Este artículo propone un modelo de integración para estos servicios de valor agregado que los hagan accesibles a los sistemas de navegación con independencia de la tecnología en la que se sustenten. El modelo se fundamenta en identificar, catalogar y desacoplar mediante arquitecturas orientadas a servicios (SOA) los diferentes elementos tecnológicos implicados en todo el proceso y propone las redes de sensores inteligentes como una de las tecnologías más adecuadas para la adquisición de información en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte (ITS).

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección dos presentamos los antecedentes y el estado del arte de la propuesta, en la sección tres proponemos el modelo general del sistema, sus características y requerimientos, la sección cuatro se enfoca en el escenario de prueba y finalmente en la sección cinco concluimos describiendo las mejoras frente a los sistemas tradicionales así como también los trabajos futuros.

2 Estado del Arte

Hoy en día las naciones contribuyen a la investigación y desarrollo de los Sistemas Inteligentes de Transporte debido a los grandes beneficios que dan a la población en cuanto a crecimiento de sus sistemas como a la elevación considerable de la calidad de vida de sus ciudadanos.

Todo esto puede ser constatado claramente observando la cantidad de proyectos que están siendo apoyados por la UE a través de diferentes programas. Proyectos como [5], [6], [7], [8], [9], [10], están enfocados en el mejoramiento de la arquitectura de los ITS a nivel Europeo. Cada uno de los resultados de estos proyectos están siendo integrados y consolidados a través del proyecto COMeSafety [11] que es apoyado por el Sexto Programa Marco de la UE y tiene como objetivo crear una arquitectura estándar para los ITS. Al mismo tiempo, la organización ICTSB (Information and Communications Technologies Standards Board) [12] compuesta por los organismos más importantes de estandarización Europeos tales como ETSI, CEN, CENELEC, COMeSafety, tiene un grupo dedicado al campo de los sistemas inteligentes de transporte llamado ITSSG (Intelligent Transport Systems Steering Group) [13], lo que deja claro el interés depositado por las diferentes naciones en la contribución, desarrollo y estandarización de la tecnologías que influyen directamente en las infraestructuras de los ITS.

Por otra parte, en el contexto de las TI, los sistemas de navegación han alcanzado un nivel bastante alto de penetración en la movilidad de los usuarios, tanto así que hoy es posible encontrar muchos dispositivos móviles con la funcionalidad de sistema de navegación. De acuerdo con [14], en el año 2005 la venta de dispositivos móviles ha pasado de 20 millones a más de 180 millones de teléfonos móviles, y todos estos tienen la capacidad de ofrecer la funcionalidad de sistema global de navegación satelital (GNSS).

En este sentido, el pronóstico de ventas de los sistemas de navegación a nivel europeo de acuerdo con NAVTEQ para el año 2008, fue de 35.8 millones de los

cuales 3 millones son instalados desde que el automóvil sale de fábrica [15]. Para fortalecer aun mas esta visión, la firma Berg Insigth argumenta que los operadores móviles están ahora respondiendo con distintas inversiones en tecnologías relacionadas con los servicios basados en localización (LBS), esperando una penetración de más de 270 millones de dispositivos con características similares para el año 2014 [16]. Además, con los sistemas basado en LBS se habilitarían aplicaciones que son capaces de decirle a sus usuarios no únicamente donde se encuentran o cual es la mejor ruta a tomar, sino que también tendrían la capacidad de presentar información de los amigos cercanos que hay en la zona, o en otra perspectiva, permitirán brindar información sobre el pronóstico del tiempo o qué tipo de negocios hay en el área, en los que el usuario pudiese estar interesado [17].

Por otra parte, los servicios de valor agregado pueden ser de diversos tipos y estilos, dependiendo del área de operación dentro del contexto de los ITS. Una de las tecnologías emergentes que a su vez ayudan a la formación de servicios de valor agregado son las redes de sensores inalámbricas o también conocidas como redes de sensores inteligentes, destacados por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) como una de las 10 tecnologías que cambiarían el mundo [18]. Estas redes están equipadas con una infraestructura que tiene elementos de monitorización, computación y comunicación y otorgan a su administrador la habilidad de observar y reaccionar ante los eventos y fenómenos en un ambiente específico. El administrador típicamente es una entidad ya sea civil, gubernamental, comercial o industrial. Igualmente estas redes son utilizadas en diversos proyectos de la UE como [19], [20] [21], [22] y ayudan a la monitorización del entorno de los ITS.

La generación de servicios de valor agregado para los ITS es fundamental y una de de los primeras manifestaciones es el proyecto MESSAGE (**M**obile **E**nvironmental **S**ensing **S**ystem **A**cross **G**rid **E**nvironments) [23] que tiene como objetivo demostrar que con sensores de bajo costo, implantados en los automóviles, es posible proporcionar datos para planeación administración y control del medio ambiente, de actividades de transporte urbano, regional y nacional. Otros proyectos que recién comienzan y más fortalecen el mejoramiento de las infraestructuras ITS y servicios es el proyecto OASIS enmarcado sobre la iniciativa del centro para el desarrollo tecnológico industrial (CDTI) y algunas empresas del sector industrial y tecnológico [24, 25], su objetivo está enfocado hacia la construcción de una autopista inteligente que sea capaz de proveer algunos servicios, además pretende incorporar sistemas de peaje electrónico. En esta misma línea, la Unión Europea está impulsando fuertemente la provisión de servicios para los usuarios de la infraestructuras de ITS, dado el índice de siniestros anuales y a su vez por otros factores como la reducción de las congestiones que representan entre 0,9 y 1,5 % de su PIB, también por lo relacionado con las emisiones de CO₂ que han incrementado en un 32% en el periodo de 1999-2005 [26]. En este sentido la incorporación de servicios es un reto grandísimo para todas estas infraestructuras ya que requieren una coordinación y gestión adecuada de todos los países miembros, por lo tanto son necesarias soluciones que atiendan esta problemática que según la UE es demanda con urgencia. Por tal razón, existe un plan de despliegue de las ITS en Europa donde se han ido identificando las áreas más críticas de actuación (Ver Tabla 1) que permitirán a la UE tener un sistema de movilidad satisfactorio que beneficie todo el entorno social y económico de sus ciudadanos.

Con este plan de acción la UE pretende un despliegue rápido de los ITS a través de Europa y en su defecto las políticas adecuadas para su implantación. Todo este progreso se ira dando en la medida que se efectúen infraestructuras comunes para el despliegue de los ITS, además la UE reportará resultados en el año 2012 sobre el progreso que esto ha ido manteniendo y se extenderá si es necesario para todas las áreas de alta prioridad que estén dentro del ámbito del plan de acción de los ITS [26].

Tabla 1. Áreas del plan de acción de los sistemas inteligentes de transporte para Europa [26]

Plan de Acción de la Unión Europea en los ITS	
Área 1	Utilización óptima de los datos de las carreteras, tráfico y los datos de viaje.
Área 2	Gestión del tráfico y del transporte de mercancías mediante servicios para zonas donde haya una conurbación.
Área 3	Caminos Seguros y Seguridad
Área 4	Integración del vehículo dentro de la infraestructura de transporte
Área 5	Seguridad y protección de datos y cuestiones de responsabilidad
Área 6	Cooperación y coordinación de los ITS Europeos

Paralelamente a todo este despliegue de investigaciones en el ámbito de los ITS, para lograr una convergencia en cuanto a sus servicios, la UE también ha ido elaborando algunas propuestas de viabilidad, este, es el caso de la propuesta EasyWay (Ver Tabla 2) que está enmarcada sobre el programa TEN-T (2007-2013). En este se plantea fundamentalmente los procedimientos que deberían tenerse en cuenta para la prestación de servicios dentro de la red TERN (Trans-European Road Network) pero en un nivel muy global [27].

Esta propuesta está provista de cuatro productos que están enfocados a satisfacer la prestación de servicios para los ITS. El primero de ellos fue avalado en mayo de 2008 y su ámbito está orientado a identificar los candidatos para los servicios Europeos de ITS, en este primer estudio e investigación se identificaron 19 candidatos para servicios Europeos de ITS.

El segundo producto tiene como base el primero, en esta fase se comienza a discutir las directrices necesarias para llevar a cabo los servicios que fueron identificados en primera instancia (los resultados fueron expuestos en Octubre de 2008).

El tercer producto tiene como fin el desarrollo y despliegue de las directrices formuladas y este ha sido terminado recientemente (Marzo de 2009), donde se han realizado algunas reestructuraciones pero con el mismo contenido básico y siguiendo el plan de acción ITS para la UE. El último producto se encuentra en fase de diseño e investigación y una de los mayores puntos a desarrollar se trata sobre la armonización de todos los sistemas, para poder ofrecer diferentes servicios [27]. Las acciones generales a desarrollar en este proyecto van acordes con el plan de ITS para Europa y apuntan a diferentes áreas.

Tabla 2. Acciones Propuestas por el proyecto EasyWay [27]

Propuestas de Acciones Europeas
Servicios de Información al viajero.
Servicios de Gestión de tráfico
Servicio de logística y Transporte de Mercancías
Conexión a la infraestructura de las TIC
Apoyo a la gestión y desarrollo al conocimiento

Según lo anterior, y dado los proyectos que se están realizando a nivel Europeo y en otras latitudes, es claro que el despliegue de servicios sobre los ITS necesitan una adecuada planeación para su posterior ofrecimiento. En este sentido, la integración de sistemas a nivel de las TI es importantísima para el desarrollo futuro de todos los servicios planteados en cada uno de los proyectos que se han mencionado.

En esta misma línea, para el ofrecimiento de servicios de valor agregado en un entorno ITS, las tecnologías orientadas a servicios permiten la convergencia de servicios en un escenario acotado, tan es así, que la consultora Garther pronostica que el 80% de las iniciativas en TI serán orientadas a servicios y que este tipo de tecnologías emergentes supondrán un beneficio transformacional para la gestión de la información en las empresas y en los gobiernos [28]. En esta misma línea, la Comisión Europea (UE) cada vez más fomenta las inversiones en el área relacionada con servicios para los ITS y de acuerdo con su plan estratégico pretenden invertir desde el año 2007 hasta el 2013 la suma de 300 millones de euros [29] para brindarles a las infraestructuras de ITS un mayor grado de dinamización mediante el ofrecimiento de nuevos servicios para todos los medios de transporte.

3 Propuesta

El objetivo principal de esta investigación está enfocado en proponer un modelo de integración de servicios de valor agregado mediante SOA y redes de sensores inteligentes para los sistemas de navegación, como un medio para diseñar sistemas de transporte inteligente ubicuos. El modelo es capaz de identificar, catalogar y desacoplar mediante SOA los diferentes elementos tecnológicos implicados. En el diseño de nuestro modelo hay que destacar que en la actualidad es muy complejo, caro y poco viable diseñar e implantar nuevos servicios para los sistemas de navegación dada su limitación en cuanto al ofrecimiento de servicios. Esto se debe principalmente a que los elementos que integran estos sistemas están altamente acoplados, de tal forma que se presentan diversidad de tecnologías que ocasionan la formación de soluciones ad-hoc lo cual conlleva a la incompatibilidad de sistemas cuando se desee una interacción entre estos. Dado lo anterior, los fabricantes de tecnología (para el caso de dispositivos específicos) no pueden especializarse en lo que ellos construyen, sino más bien, piensan en adaptarlos con diferentes dispositivos que no son de su campo de competencia y que podrían funcionar o no, en un contexto ITS.

Para nuestra propuesta los sistemas de navegación, las arquitecturas orientadas a servicios (SOA) y las redes de sensores inteligentes son los tres grandes subconjuntos en los que está basado nuestro modelo y cada una de ellos representa un número de tecnologías que actualmente están trabajando de forma ad-hoc.

En nuestra propuesta, hemos identificado los elementos del que parte nuestro modelo los cuales están fuertemente acoplados debido a la heterogeneidad de los sistemas, los hemos clasificado en tres niveles que son referenciados de la siguiente manera: Nivel de Usuario o Front End (Usuario o Consumidor de Servicios), Nivel de Información o Back-End (Proveedor de servicios de Información) y, por último el nivel de Monitorización.

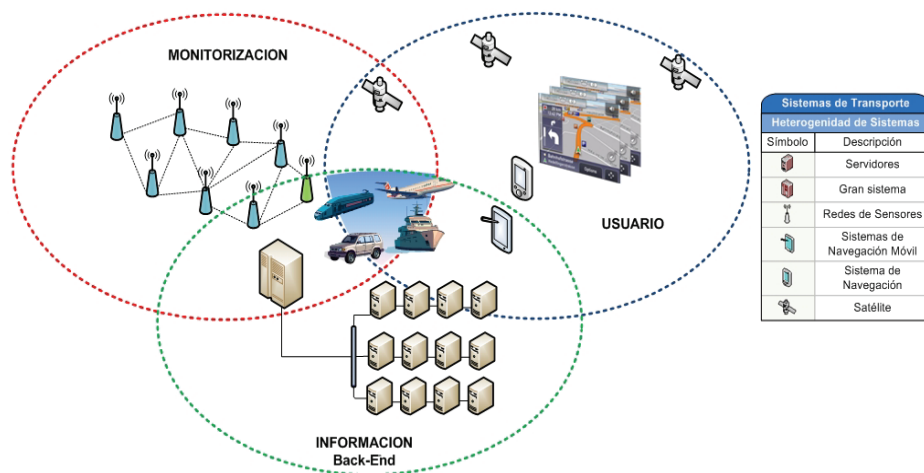


Fig. 2. Elementos Identificados para el Modelo de Integración de servicios.

Como se muestra en la Figura 1, cada uno de los sistemas de transporte (Vial, Aéreo, Férreo, Marítimo) está inmerso en un gran número de tecnologías de localización, información y monitorización. En el centro de la figura es posible observar varios puntos de intersección donde no existe una diferenciación o independencia clara de las tecnologías involucradas lo que ocasiona que estas no puedan interactuar de forma transparente entre sí provocando una deficiencia debido a la diversidad de tecnologías que son empleadas, la dependencia de las mismas y la necesidad de crear servicios y sistemas ad-hoc.

Además, todos estos niveles carecen de modelos orientados a servicios y por esta razón, las relaciones entre ellos son mínimas, lo que implica que sus usuarios solo pueden acceder a la funcionalidad ad-hoc de un nivel determinado lo que deja al usuario en un escenario de oscuridad donde no hay intercambio de servicios en un ambiente tan dinámico como lo son los ITS.

Nuestra propuesta está enfocada a identificar, desacoplar y catalogar los tipos de tecnologías que están siendo utilizadas en cada uno de los niveles mencionados. Por lo tanto, es posible abordar cada nivel de manera separada, lo cual brindará a los fabricantes un nivel alto de especialización, lo que significa que cada fabricante podrá ofrecer un mejor producto en el campo de su competencia.

Según esto, el modelo de integración de servicios propuesto se ubica en el centro del sistema desacoplado.

Por otra parte, ahora daremos una descripción de cada uno de estos niveles que conllevaran al desarrollo del modelo propuesto, el cual está enfocado a la interacción de grandes cantidades de servicios, que pueden operar de manera simultánea y pueden ayudar al fortalecimiento de las infraestructuras de los ITS. En la explicación de cada uno de los niveles se realiza un énfasis especial en los sistemas de transporte terrestre.

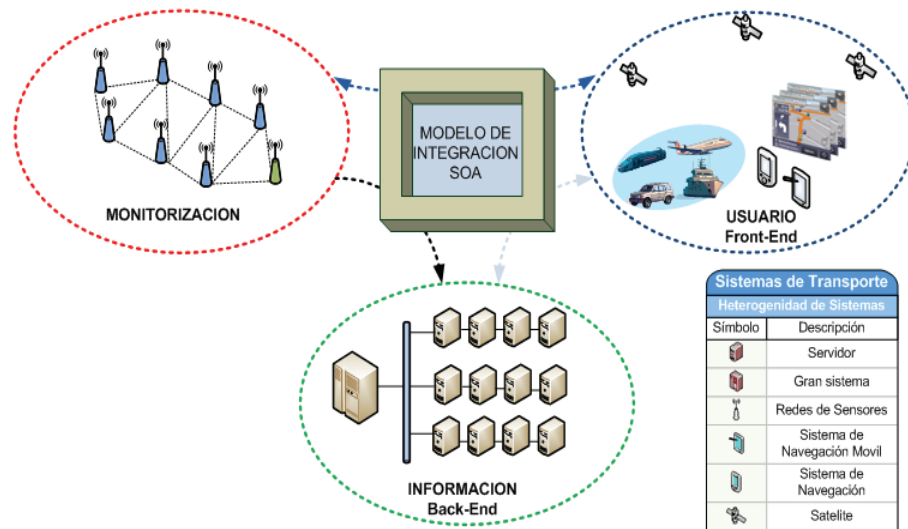


Fig. 3. Propuesta para desacoplar los diferentes niveles para alcanzar un modelo de integración basado en Servicios.

3.1 Nivel de Usuario o Front-End

Este nivel está compuesto por los sistemas de navegación. El sistema de navegación es el responsable de interactuar con el usuario directamente dentro del sistema de transporte. Para este nivel identificamos cuales son las tecnologías que más se están empleando para los sistemas de navegación tales como WiMax, Wifi, Wifi-P CDMA/GPRS/EDGE/UMTS/HDSPA, y como estas pueden interactuar mediante un modelo orientado a servicios, dentro de un contexto de los ITS.

Este nivel actúa como consumidor de los servicios de valor agregado, debido a que los sistemas de navegación pueden acceder a todos los servicios que el sistema de información (explicado posteriormente) haya registrado. Igualmente este nivel representa la interface hacia los usuarios y a través de ésta, los usuarios pueden conocer el estado de la infraestructura ITS mientras se desplazan de un lugar a otro.

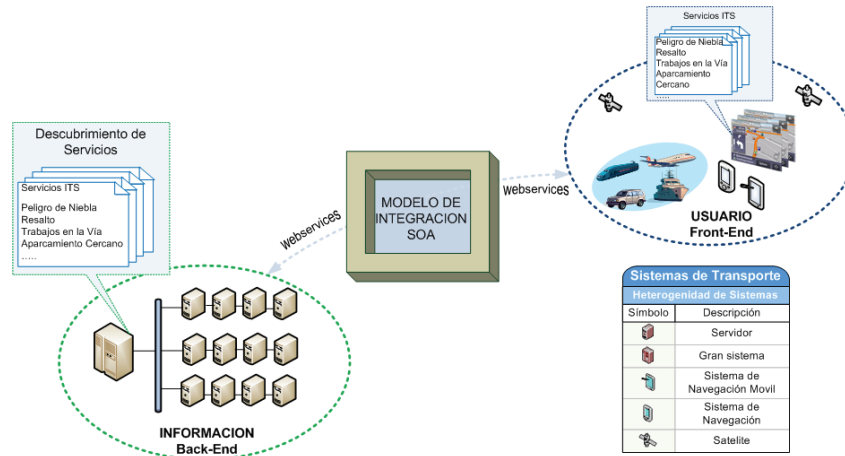


Fig. 4. Nivel del Usuario o Front-End (Sistemas de Navegación)

3.2 Nivel de Monitorización

Este nivel actúa como el sistema nervioso del entorno de los ITS permitiendo a las centrales de tráfico conectarse a él para obtener información de lo que está sucediendo en las principales carreteras. La mayoría de estos sistemas están basados en una serie de sensores como cámaras estáticas y móviles, sistemas de radar, que han sido desplegados para observar el flujo vehicular, lo que ocasiona tenerlo controlado de una manera muy ad-hoc. El nivel de monitorización es de gran importancia dado que la información recolectada por las centrales de tráfico generan mensajes de radiodifusión de datos mediante RDS (Radio Data System) o lo que es lo mismo su homólogo Americano HD Radio [30], los cuales son ofrecidos a los usuarios en su sistema de navegación con el objetivo de que este pueda recalcular la ruta del destino cuando se produzcan atascos sobre la vía.

Para este nivel proponemos la utilización de un sistema nervioso más acotado así como dinámico, que posea un nivel de escalabilidad bastante alto, que ofrezca mayores prestaciones y por ende involucre nuevos servicios cuando el usuario se desplaza de un lugar a otro, lo que permite tener más información acerca del entorno de los ITS. En nuestro modelo este nivel está basado en las redes de sensores inteligentes donde cada una de ellas suministra varios servicios que dependiendo de su ubicación son ofrecidos a través de las infraestructuras ITS. Hay muchísimos servicios que podrían ser ofrecidos por dichas y más específicamente en el contexto de los ITS, además en este momento las redes de sensores inteligentes no están brindando esta clase de servicios debido a que carecen de un modelo que facilite la comunicación entre la infraestructura y el sistema de transporte.

En este sentido, mediante el despliegue de redes de sensores inteligentes se podrían monitorizar diversos eventos tales como las condiciones del camino, atascos, nivel de lluvia, intensidad de niebla, velocidad del viento, trabajos en la vía, advertencias de conducción en sentido contrario, deslizamientos de tierra, plazas libres de parkings, entre otros.

Estas redes son complementarias a los sistemas de monitorización que poseen las centrales de tráfico, las cuales son consideradas también en nuestra modelo y que también son utilizadas cuando hay un vehículo fuera del dominio de las redes de sensores inteligentes.

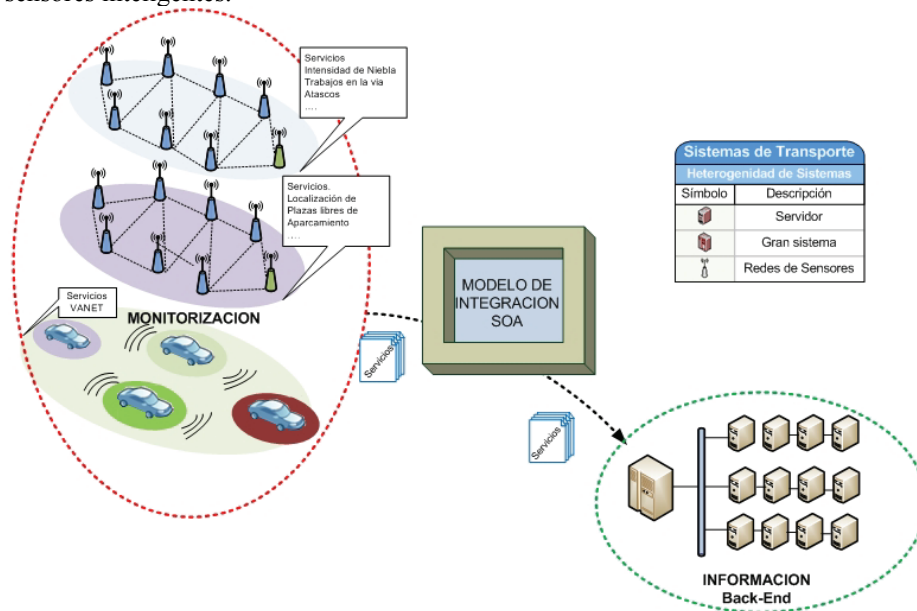


Fig. 5. Nivel de Monitorización basado en Redes de Sensores inteligentes y VANETS

Enfatizando mas en el modelo, nuestra propuesta va orientada a la construcción de un modelo que haga uso de las arquitecturas orientadas a servicios para que los usuarios del sistema de transporte puedan estar cada vez más cerca de los servicios que pudieran ofrecer las infraestructuras ITS desde un dispositivo de navegación.

En este sentido, todas estas redes pueden ser desplegadas por las grandes ciudades para ofrecer nuevos servicios a los sistemas de navegación, e inclusive ofrecer servicios de valor agregado como por ejemplo, reservar una plaza de un aparcamiento en tiempo real de navegación, lo cual ayudaría enormemente a la disminución del tráfico presente en las ciudades, así como también ayudaría a la reducción del consumo energético empleado por cada automóvil mientras los usuarios buscan la plaza libre de aparcamiento, y por ultimo brindarían al usuario un sistema que optimiza de forma directa el tiempo empleado por estos en la búsqueda de dicha plaza.

Igualmente hay diversidad de redes de sensores que pueden ofrecer otros servicios a nuestro modelo y este es el caso de las redes de área vehiculares conocidas también como VANETS. Estas redes también son tomadas en cuenta ya que proporcionan un sistema de monitorización móvil dentro de la infraestructura ITS y pueden ayudar tanto al sistema de tráfico como al usuario mientras este se desplaza de un lugar a otro. Estas redes están orientadas a la transmisión de datos entre vehículos o de uno hacia varios o viceversa, es decir V2V (Vehicle to Vehicle) [31]. Todo esto servirá en el sentido de que será posible ofrecer servicios entre todos los vehículos presentes en

una infraestructura de ITS. Todo esto está respaldado por el fórum Esafety y el proyecto CALM (*Communications, Air Interface, Long and Medium Range*), este ultimo tiene como objetivo fundamental la estandarización de la norma de comunicaciones con y entre vehículos (IEEE 802.11p, HDSPA, GPRS, entre otras) [32]. Igualmente, esta norma de comunicaciones fue aprobada por la ITU-T, y es la tecnología base para la formación de redes de datos que interactúen de vehículo a vehículo V2V, o de vehículo a infraestructura V2I y de la infraestructura al vehículo I2V siempre y cuando exista cobertura.

3.3 Nivel de Información o Back-End

Este nivel recoge toda la información generada por cualquiera de las redes ubicadas en el nivel de monitorización y tiene como misión principal almacenarla y procesarla para convertirla en servicios de valor añadido que se ofrecerán posteriormente al nivel del usuario. A su vez este nivel es el corazón de nuestro modelo dado que permite desacoplar cada uno de los niveles que hemos mencionado anteriormente. Igualmente, el nivel de información está basado en la aplicación de patrones de TI que requiere sistemas adecuados que permitan la gestión de las distintas clases de servicios.

A partir de las exigencias que requiere el modelo, es de notar que varios subsistemas son ineludibles para su buen funcionamiento, el primer está conformado por los sistemas de registro de servicios, el segundo por los sistemas de almacenamientos de datos y el tercero está compuesto por los servidores de aplicaciones, cada una de estos interactúan entre si en un ambiente orientado a servicios. Dado que el modelo está basado en SOA el mecanismo de desacoplamiento y relación perteneciente a cada nivel, ofrece gran robustez del modelo general. Para generar el desacoplamiento que se requiere proponemos el uso de patrones TI tales como computación GRID que nos permite la generación de un sistema distribuido de información para la infraestructura ITS, este tipo de patrón trae consigo la utilización de diversos servidores de aplicaciones, dado que los sistemas de navegación precisan de estos para saber qué servicios son proporcionados por el nivel de información. En esta misma línea, el modelo requiere la utilización de sistemas de almacenamiento de datos y dado el volumen de estos proponemos el uso de sistemas de almacenamiento de datos en red más conocido como sistemas NAS/SAN (Network Attached System/Storage Area Network), los cuales garantizan la protección de los datos obtenidos desde la infraestructura ITS. Nuestro modelo de integración está basado en SOA, por lo tanto, para la elaboración del modelo se precisa de un sistema de registro y descubrimiento de servicios que permita al sistema de información convertirse en el repositorio principal de los servicios que son ofertados para los consumidores de servicios.

3.4 En el interior del modelo

Este apartado tiene como objetivo destacar el funcionamiento del modelo de integración, por lo tanto detallaremos los tipos de servicios que serán tomados en cuenta en el modelo y a partir de estos es explicado cual es su mecanismo de desacople y relación con los distintos niveles que componen el modelo.

Antes que nada, es importante destacar que en el nivel de monitorización, las redes de sensores inteligentes pueden ofrecer innumerables servicios asimismo como las redes VANET, estas últimas apoyaran la comunicación de datos entre vehículos y por ende, podrán ofrecer otros servicios. Estas dos clases de redes las consideramos como redes de sensores, solo que una, apoya la monitorización de la infraestructura ITS constantemente, y la otra depende de la movilidad de los usuarios a través de la infraestructura ITS pero ofrecerá también servicios de monitorización. Ambas redes son utilizadas para la captación de las variables y generación de servicios dentro de la infraestructura ITS. También el modelo cuenta con otro tipo de servicios que sirven para su autogestión, estos son los servicios del sistema de información que actúan como pasarela para la administración del modelo desacoplado.

La siguiente tabla esboza como realizamos el desacoplamiento de cada uno de los niveles y sus relaciones con los subsistemas que lo conforman, aquí es importante destacar la utilización de las arquitecturas orientadas a servicios que suministran a nuestro modelo, su característica primordial de interoperabilidad de sistemas heterogéneos mediante el establecimiento de servicios.

En cuanto a los servicios de captación VANET, el mecanismo de desacoplamiento son las redes Ad-hoc VANET dentro de la cuales se debe identificar el Gateway en dichas redes, dado que son redes móviles y también están destinadas al ofrecimiento de servicios acerca de las condiciones de la carretera.

Tabla 3. Identificación de los tipos de servicios involucrados en la construcción del modelo y su forma de desacoplamiento.

Tipo de Servicio	Mecanismo de desacoplamiento	Proveedor de Servicios	Cliente (Consumidor de Servicios)
Captación de datos /Nivel de Monitorización	SOA	Redes de Sensores Inteligentes	Sistemas de Back-End, Servidor de Aplicaciones y Servidor de Almacenamiento
Valor Agregado /Nivel de Usuario	SOA	Servidor de Aplicaciones	Sistemas de Navegación
Registro-Descubrimiento /Nivel de Información	UDDI	Sistema Back-End	Consumidores de Servicios
Captación VANETs/ Nivel de Monitorización	Redes Ad-Hoc VANETs	Nodo VANET	Nodo de la VANET
Sistemas de Información /Nivel de Información	Sistemas Distribuidos		Servidor de Aplicaciones

A partir del despliegue de redes de sensores, también son generados servicios de valor agregado de forma indirecta, los cuales pueden ser utilizados por los usuarios de la infraestructura ITS, por ejemplo una red de sensores puede detectar las plazas libres de aparcamientos. Aunado a esto, puede ofrecer el servicio de reserva de aparcamiento, entendido este como un servicio de valor agregado que puede ser accedido desde el navegador.

Para que cada uno de estos servicios pueda ser ofrecido, se requiere de un servicio de registro, dado que el modelo debe conocer todos los servicios de los que dispone, es decir, el modelo debe contar con un directorio donde estén almacenados todos los servicios que posteriormente serán desplegados al sistema de navegación, siempre y cuando el usuario precise la utilización de algún servicio en especial desde su sistema de navegación.

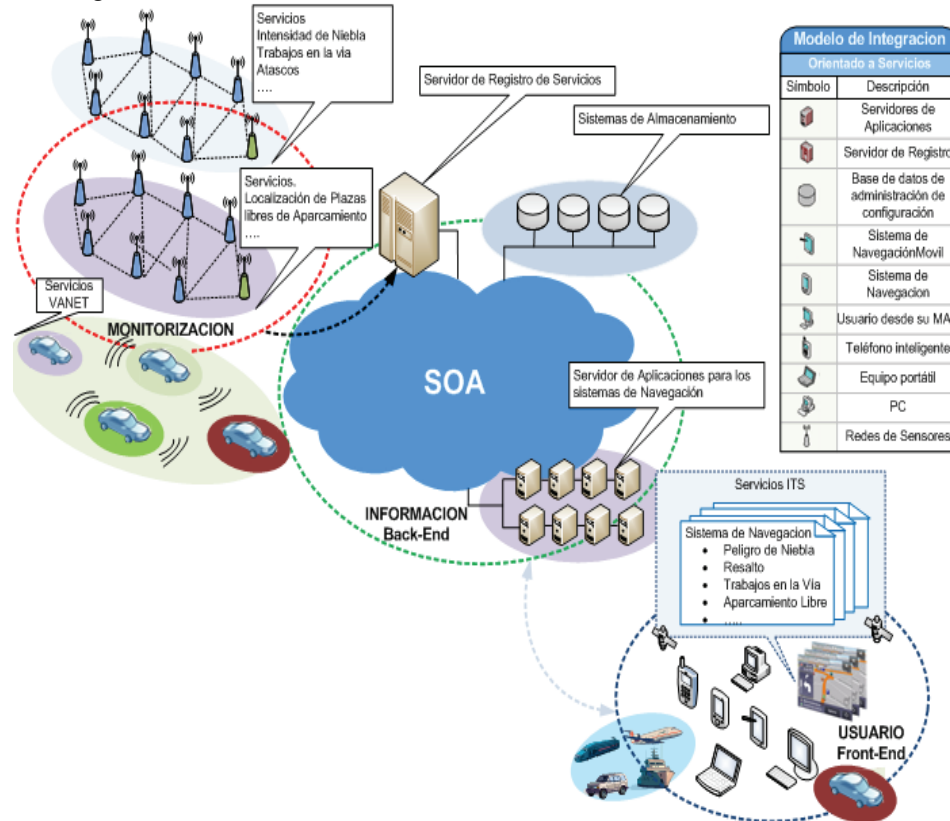


Fig. 6. Nivel de Información o Back-End basado en Arquitecturas Orientadas a Servicios para proveer servicios a las infraestructuras de los ITS.

4 Escenario de Prueba

Para la realización del escenario de pruebas en el contexto de los ITS, hemos seleccionado un servicio básico que sería el despliegue de información relacionada con las plazas libres de aparcamiento sobre el sistema de navegación. Este servicio ha sido escogido dada la funcionalidad que presta a los diferentes usuarios dentro de la infraestructura ITS, dado que el conocimiento previo de una plaza libre de aparcamiento dentro de una área extensa facilita el acceso del usuario cuando este

llega a su destino y al mismo tiempo permite el ahorro de combustible del medio de transporte, por consiguiente evita los tiempos de espera que genera el desconocimiento de esta información.

Partiendo de esto, para verificar la disponibilidad de una plaza libre dentro de un aparcamiento, hemos desplegado una red de sensores inteligentes que nos ofrecen dicho servicio, esta red es completamente configurable y gracias a sus características, todos los nodos pueden comunicarse entre sí, lo que ocasiona que si una plaza de aparcamiento es ocupada o desocupada, el sistema de información o Back-End recibirá el servicio asociado a este evento y paralelamente lo publicará para su posterior despliegue en el servidor de aplicaciones el cual ofrecerá dicho servicio al sistema de navegación o al dispositivo que posea esta funcionalidad.

Para la implementación del escenario propuesto hemos utilizado la plataforma de redes de sensores de la compañía Crossbow [28] y más específicamente la plataforma de nodos sensores MicaZ. Esta plataforma cuenta con diversos sensores que nos permite medir magnitudes como temperatura, humedad relativa, presión, nivel de luz, posición del nodo sensor en un plano XY, nivel de campo magnético. La plataforma MicaZ está provista de diversos componentes microelectrónicos que componen su unidad de procesamiento (microcontrolador ATMEL 128L), su circuito de comunicación CC2420 de Chipcon que proporciona al nodo sensor el sistema de comunicación inalámbrico mediante la tecnología Zigbee bajo la norma IEEE 802.15.4 que brinda a los sensores el estándar inalámbrico para realizar todas las comunicaciones entre la estación base y asimismo entre ellos. La plataforma general de Crossbow está compuesta por diversos nodos sensores, pero uno de ellos actúa como estación base y es el encargado de recibir y enviar la información que se está transitando por la red de sensores. Para gestionar los nodos sensores hemos empleado el sistema operativo TinyOS que ha sido creado y diseñado por la Universidad de Berkeley [29]. En esta misma línea, el sistema operativo TinyOS utiliza un lenguaje de programación orientado a eventos llamado NesC que es un pseudo C, el cual está basado en módulos, interfaces y componentes.

Por otra parte y continuando con la explicación del escenario de pruebas, para nuestro propósito principal que es la detección de la plaza de aparcamiento hemos utilizado el sensor de luz que provee la placa de sensores MTS310, como una solución inicial para efecto de pruebas, esto luego será mejorado a un sistema de sensores de infrarrojos. La aplicación principal del sistema dado que se trata de la detección de plazas libres de parkings la hemos diseñado orientada a eventos, es decir, que si una plaza de aparcamiento es desocupada, inmediatamente es enviado un mensaje con dicha información y esto trae aunado su publicación en el servidor UDDI. Para el sistema de gestión del aparcamiento hemos utilizado LabVIEW como herramienta inicial para monitorización de la red de sensores, su propósito principal es recibir la información de la estación base, luego se procede a su publicación en el servidor de registro de servicios y posteriormente es desplegada en el nivel de Front End, es decir en el sistema de navegación. Partiendo de que el modelo se encuentra aun en su fase de diseño e implementación general, en primera instancia hemos elaborado una aplicación general que permite consultar que plazas de aparcamiento están libres desde un teléfono de última generación, esto haciendo uso de los servicios web. Para el desarrollo de las fases posteriores al modelo se pretende utilizar sistemas móviles de navegación que soporten conexiones del tipo GPRS, HSDPA/UMTS,

Wifi, WiMax, con las cuales sea posible la interacción de los servicios web que son generados a través de las redes de sensores y la red internet.

El prototipo inicial de diseño (ver Fig. 6) se ha desarrollado para efectos de pruebas de las redes de sensores y el despliegue de servicios en los sistemas de telefonía de última generación.



a)



b)

Fig. 7. a) Sistema de Gestión de Aparcamientos, b) Servicios ITS ofrecidos al usuario al sistema de Navegación

Para la elaboración del prototipo en el teléfono de última generación hemos empleado un teléfono de la marca HTC, las características fundamentales con las que cuenta este dispositivo es que permite las conexiones Wifi, o HSDPA para la conexión mediante protocolos IP. El sistema operativo con que trabaja el teléfono es Windows CE, y a partir de estas características hemos diseñado una aplicación que mediante servicios web es capaz de obtener todos los servicios que ofrece el aparcamiento y en especial el servicio de plazas libres de parking.

5 Conclusiones

En este artículo hemos propuesto un modelo de integración entre los sistemas de navegación y las redes de sensores inteligentes en el contexto de los ITS, con esta clase de modelo se habilitará el uso de grandes cantidades de servicios para los sistemas de navegación que nos permitirán conocer cuál es el estado de las autovías y autopistas, y cuales servicios son ofrecidos mientras el usuario se desplaza de un lugar a otro a través de la infraestructura ITS.

La utilización de las redes de sensores inteligentes nos permitirán conocer que es lo que está sucediendo ya sea en las líneas viales, férreas, marítimas o aéreas, y será posible ofrecer un si numero de servicios para cada modo de transporte, y a su vez esto se consumirán mediante el sistema de navegación.

El uso del paradigma SOA sobre el contexto de los ITS permite a los usuarios converger hacia patrones TI, porque muchos de sus procesos están alejados del ambiente web y más aun de los nuevos modelos de negocio que este paradigma trae consigo de forma inherente. En esta misma línea el uso de paradigmas emergentes en esta área, como lo son UDDI, y SOA, dirigirán los requerimientos de los nuevos sistemas de navegación que se basarán en servicios.

El trabajo futuro a desarrollar pretende incorporar mas conocimiento acerca de la definición de servicios que son necesarios en las infraestructuras de los ITS y como cada uno de estos puede mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Referencias

1. Lino, F., et al. *Towards the Development of Intelligent Transportation Systems*. in *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*. 2001. Oakland (CA) USA.
2. European, C.C., *The Intelligent Car Initiative : Raising Awareness of ICT for Smarter, Safer and Cleaner Vehicles*. 2006.
3. European, C.C., *Halving the number of road accident victims in the European Union by 2010*, in *Road Safety Action Programme*. 2003.
4. European, C.C., *Keep Europe moving – Sustainable mobility for our continent*. Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper, 2006.
5. COOPERS. *CO-Operative SystEms for Intelligent Road Safety - COOPERS - belong 6th Framework Programme by the European Commission - Information Society and Media* 2006 [cited 2009 March]; Available from:

- http://www.coopers-ip.eu/index.php?id=project.
6. CVIS. *CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure System)* 2006 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.cvisproject.org>.
7. SAFESPOT. *SAFESPOT Cooperative System for Road Safety belong 6th Framework Programme by the European Commission - Information Society and Media.* . 2006 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.safespot-eu.org>.
8. SEVECOM. *Secure Vehicular Communication, The SEVECOM project is part of the eSafety initiative, the Information Society and Media initiative, and the 6th Framework Programme of the European Commission.* 2006 [cited 2009 march]; Available from: <http://www.sevecom.org>.
9. GEONET. *Geographic addressing and routing for vehicular communications belongs 7th Framework Program, ICT for intelligent vehicles and mobility services.* 2008 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.geonet-project.eu>.
10. E-FRAME. *E-FRAME Extend framework architecture for cooperative systems Funded under 7th Framework Programme. Research area: ICT for cooperative systems.* 2008 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.frame-online.net>.
11. COMeSafety. *COMeSafety stands for Communications for eSafety. Support Action (SSA) of the European Commission within the 6th Framework Programme.* 2004 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.comesafety.org>.
12. ICTSB. *The Information Communication Technologies Standards Board ICTSB.* 2001 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.ictsb.org/>.
13. ITSSG. *Intelligent Transport Systems Steering Group (ITSSG).* 2003 [cited 2009 March]; Available from: http://www.ictsb.org/Working_Groups/ITSSG/Index.htm.
14. GSA. *GSA: The GNSS market is now.* 2007 [cited 2008 june 10]; Available from: <http://www.gsa.europa.eu/go/news/the-gnss-market-is-now>.
15. ANFAC. *Sistemas ITS en el vehiculo y la coordinación con la infraestructura in Jornada Sobre ITS para la Interacción entre el Vehículo y la Infraestructura.* 2009. Madrid.
16. INSIGHT, B., *E112 and A-GPS will revive the LBS platform and middleware market says Berg Insigh*, in *Ber Insight News*. 2009, BERG INSIGHT.
17. Vaughan-Nichols, S.J., *Will Mobile Computing's Future Be Location, Location, Location?* *Computer*, 2009. **42**(2): p. 14-17.
18. Culler David, *10 Emerging Technologies that will change the world, Wireless Sensors Networks,* , in *MIT's Magazine of innovation technology review* 2003. 2003, Massachusetts Institute of Technology: 2003. p. 36-37.
19. GMES. *GMES: Global Monitoring Enviromental and Security.* 2008 [cited 2008 june 10]; Available from: <http://www.gmes.info/>.
20. TRACKSS. *TRACKSS - Tecnologies for road advanced cooperative knowledge sharing sensors* 2006 [cited 2008 May 4]; Available from: <http://www.trackss.net/index.html>.
21. EMMA. *EMMA - Embedded Middleware in Mobility Applications.* 2006 [cited 2008 june 5]; Available from: http://www.emmaproject.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=40.
22. AWARE. *Platform for Autonomous self-deploying and operation of Wireless sensor-actuator networks cooperating with AeRial objEcts.* . 2006 [cited 2009 March]; Available from: <http://www.aware-project.net/>.
23. MESSAGE. *Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments.* 2006 [cited 2008 June 6]; Available from: <http://research.cs.ncl.ac.uk/message/>.
24. OASIS. *OASIS -Operación de Autopistas Seguras, Inteligentes y Sostenibles in Jornada Sobre ITS para la Interacción entre el Vehículo y la Infraestructura.* 2009. Madrid.

25. GNV. *España investiga el diseño de la autopista del futuro*. 2009 [cited 2009 February]; Available from: http://www.gmv.es/b2_gmv/index.php?blog=5&title=lfont_color_black_g_espana_investiga_el_&more=1&c=1&tb=1&pb=1.
26. European, C.C., *Action Plan for the deployment of Intelligent Transport Systems in Europe*. 2008: Brussels.
27. EasyWay. *EasyWay - Project Overview*. 2009 [cited 2009 May]; Available from: http://www.easyway-its.eu/1/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=38.
28. Gartner. *Gartner Highlights 27 Technologies in the 2008 Hype Cycle for Emerging Technologies*. 2008 [cited 2009 March 10]; Available from: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=739613>.
29. TEN-T, *Field n° 9: Projects in the field of Intelligent Transport Systems for Road Traffic (ITS) 2007- 2013*. 2009.
30. Handorean, R., et al. *Context aware session management for services in ad hoc Networks*. in *Proceedings - 2005 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2005*. 2005.
31. Boukerche, A., et al., *Vehicular Ad Hoc Networks a new challenge for localization*. Computer Communications, 2008.
32. A Schalk, W Rom, and H. Stratil, *The vision of ISO-CALM - A globally connected ITS world* Publicación e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 2007. 124: p. 19-26